

Joonas Leinonen

Infraäänen havainnointi paineanturilla

Insinöörityö
Kajaanin ammattikorkeakoulu
Tekniikka ja liikenne
Tietotekniikka
Kevät 2010



**Kajaanin
ammattikorkeakoulu**

OPINNÄYTETYÖ TIIVISTELMÄ

Koulutusala Tekniikka ja liikenne	Koulutusohjelma Tietotekniikka
Tekijä(t) Joonas Leinonen	
Työn nimi Infraäänen havainnointi paineanturilla	
Vaihtoehtoiset ammattiopinnot Elektroniikan suunnittelu	Ohjaaja(t) Jukka Heino Olli Virmajoki
	Toimeksiantaja Ismo Talus
Aika Kevät 2010	Sivumäärä ja liitteet 24 + 6
<p>Tavoitteena oli valmistaa laite, jolla voidaan muuttaa ilmanpaineen vaihteluna havaittu infraääni analogiseen muotoon, jota voidaan sen jälkeen jatkokäsitellä halutulla tavalla. Tavoite oli saada muutettua havaittu infraääni analogiseksi signaaliksi ja tällä tavalla mahdollistaa sen jatkokäsittely.</p> <p>Työssä päädyttiin käyttämään differentiaalipaineanturia. Tähän päädyttiin siksi, koska kohtuuhintaista mikrofonialementtiä, jonka taajuusalue ulottuisi tarpeeksi alhaisille taajuuksille, ei löytynyt. Työssä käytetty anturi ilmoittaa kahden eri paineen välistä eroa.</p> <p>Työn tuloksena saatiin aikaan kytkentä, joka havainnoi infraäänien aiheuttamaa paine-eroa ja vahvistaa kahden eri paineen eron. Niiden välinen ero vahvistuu edelleen sellaiselle jännitealueelle, josta sitä on helppoa jatkokäsitellä. Tätä signaalia voidaan jatkokäsitellä erilaisilla tavoilla riippuen siitä, mihin sitä halutaan käyttää.</p> <p>Työn perusteella huomattiin, että on mahdollista havainnoida infraääniä käyttämällä paineanturia. Oikealla tavalla vahvistamalla saadaan tuotettua erittäin hyvin lukukelpoista signaalia infraäänestä. Saadulle signaalille on mahdollista suorittaa jatkokäsittelyä, koska se on vahvistettu alueelle, jolla muutoksia on helppo havaita.</p>	
Kieli	Suomi
Asiasanat	Infraääni, ääni, anturi, äänen havainnointi
Säilytyspaikka	<input checked="" type="checkbox"/> Verkkokirjasto Theseus <input checked="" type="checkbox"/> Kajaanin ammattikorkeakoulun kirjasto

School School of Engineering	Degree Programme Information Technology
Author(s) Joonas Leinonen	
Title How to Detect Infrasonds with a Pressure Sensor	
Optional Professional Studies Electronics designing	Instructor(s) Mr Jukka Heino, Lecturer Mr Olli Virmajoki, Lecturer
	Commissioned by Mr Ismo Talus, Laboratory Engineer
Date Spring 2010	Total Number of Pages and Appendices 24 + 6
<p>The objective of this Bachelor's thesis was to design a device that can observe infrasonds. The idea was that the device can recognize an air pressure change made by infrasonds. After the infrasond has been found, it will be converted into an analog signal that can be processed afterwards.</p> <p>The first thing that was found was that in this study a pressure sensor had to be used because normal microphones do not have frequency levels that are good enough. So in this study it was found out what it needs to measure infrasond with a pressure sensor. In this study a simple circuit was made. The circuit converts a pressure difference to analog signal and that signal can be processed afterwards.</p> <p>As a result it was discovered that infrasonds can be found with a pressure sensor. The pressure difference that is made by infrasond can be converted into an analog signal with a quite simple circuit. One version of a simple circuit was made during thesis and it was tested to be working circuit.</p> <p>In conclusion, the designed circuit can be used in different processes. The main function is to discover and explore infrasonds in different locations and find out what may cause them. The user can also find infrasonds from a place where he does not know that these exist. .</p>	
Language of Thesis Finnish	
Keywords	Infrasond, sound, sound sensor
Deposited at	<input checked="" type="checkbox"/> Electronic library Theseus <input checked="" type="checkbox"/> Library of Kajaani University of Applied Sciences

ALKUSANAT

Insinöörityön tekeminen alkoi siitä, että huomasin aiheen tarjolle annetuista insinöörityön aiheista ja tämä tuntui mielestäni kiinnostavalta haasteelta. Tämän jälkeen keskustelin asiasta Jukka Heinon kanssa ja vakuutuin siitä, että tässä olisi työ minulle. Periaatteeltaan työ vaikutti aluksi helpohkolta, mutta asiaan tutustuminen toi esille seikkoja, jotka toivat haasteen työn tekemiseen.

Haluan kiittää työn tilaajaa Ismo Talusta tästä työstä ja ohjaajani eli Jukka Heinoa hyvistä neuvoista ja avusta työn suorittamisen aikana. Kiitokset myös työn toiselle valvojalle eli Olli Virmajoelle. Kielellisestä ohjauksesta haluan sanoa kiitokset Eero Soiniselle ja Kaisu Korhoselle.

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
2 PERUSTIETOJA INFRAÄÄNESTÄ	2
2.1 Infraääni	2
2.2 Infraäänen havainnointi	5
3 LAITTEEN SUUNNITTELU	6
3.1 Toiminnan suunnittelu	6
3.2 Anturikytkennän suunnittelu	7
3.3 Vahvistinkytkennän suunnittelu	8
4 KYTKENNÄN KÄYTÄNNÖN TOTEUTUS	9
4.1 Anturikytkentä	9
4.2 Vahvistinkytkentä	11
4.3 Laitteen kytkentä	14
5 KYTKENTÖJEN TESTAAMINEN	16
5.1 Anturikytkennän testaus	16
5.2 Vahvistinkytkennän testaus	17
5.3 Laitteen kytkennän testaus	18
6 LOPPUANALYYSI JA JATKOKEHITYSIDEOITA	20
6.1 Loppuanalyysi	20
6.2 Jatkokehitysideoita	20
7 YHTEENVETO	22
LÄHTEET	23
LIITTEET	

1 JOHDANTO

Idea tähän työhön löytyi Kajaanin Ammattikorkeakoulun insinööri-työaiheiden listalta. Tarve tällaiselle laitteelle lähti siitä, että lehtori Jukka Heino oli havainnoinut infraääniä ja tästä oli herännyt mielenkiinto nähdä, että millaisia ääniä kyseisellä paikalla löytyy. Työssä oli tavoitteena toteuttaa sellainen laite, joka havaitsee infraäänien siten, että se saataisiin muutettua analogiseen muotoon ja vahvistettua, jotta sille voitaisiin tehdä lisää tutkimuksia.

Työn haasteena oli se, että minkään tavallisen mikrofoniin äänihavainnointialue ei yllä tarpeeksi alas, jotta sillä voitaisiin havaita infraääntä. Tämän takia työ jouduttiin toteuttamaan paineanturia hyväksi käyttämällä ja havainnoimaan infraääni ilmanpaineen muutoksena, toisin sanoen ilman liikkeenä. Käytännössä anturi havaitsee ilmanpaineen ja äänen aiheuttaman ilmanpaineen muutoksen eron ja kytkennässä tämä ero vahvistetaan sopivaksi ja sen jälkeen analogista signaalia voidaan käsitellä halutulla tavalla.

2 PERUSTIETOJA INFRAÄÄNESTÄ

2.1 Infraääni

Ihminen havaitsee äänen normaalisti korvillaan. Korva jaetaan rakenteellisesti kolmeen eri osaan. Ne ovat ulko-, väli- ja sisäkorva. Ulkokorvan muodostavat korvalehti ja korvakäytävä. Välikorvan osia on tärykalvo, välikorvaontelo, korvatorvi ja kuuloluut. Sisäkorvan muodostavat simpukka, kuulohermön alkupää sekä kaarikäytävät, jotka ovat osa tasapainon hallintaa. [1].

Ulkokorvan korvalehti kokoaa äänet ja tekee niille noin 5 dB:n vahvistuksen. Korvalehti ja korvakäytävä muokkaavat ääntä kuulemiselle sopivaksi vahvistamalla 1,5–4 kHz taajuusalueita. Välikorvassa ilman värähtely muuttuu nesteen värähtelyksi ja ääni vahvistuu noin 30 dB. Sisäkorvassa nesteen värähtely muuttuu aisti-impulsseiksi. Hiussolut muuttavat värähtelyn hermoimpulsseiksi. Sisäkorvassa on kahdenlaisia hiussoluja. Ulommat toimivat sisäkorvan virittäjinä ja sisemmät ovat varsinaisia aistisoluja. [1.]

Akustiikka on tieteenala, joka tutkii, mitä äänelle tapahtuu erilaisissa tilanteissa ja sitä, kuinka se etenee erilaisissa väliaineissa ja tiloissa. Ääni voi heijastua, imeytyä tai jatkaa matkaansa. Yleisesti ääni osittain heijastuu ja osittain jatkaa matkaansa sekä imeytyy. Akustiikan kautta selviää se, että ääni vaimenee, kun se siirtyy väliaineesta toiseen. Tämä johtuu siitä, että osa äänestä heijastuu ja osa imeytyy toiseen väliaineeseen ja loppu jatkaa sitten matkaa eteenpäin vaimenneena. Tästä väliaineesta toiseen siirtymisestä johtuu se, että mitä kauemmaksi alkuperäisestä äänilähteestä mennään, sitä vaimeampaa on ääni. Tähän vaikuttaa myös se, että ääni vaimenee kun siirrytään kauemmaksi äänilähteestä. Etäisyyden kaksinkertaistuessaa ääni vaimenee 6 dB, ja kun etäisyys on kymmenkertaistunut, niin ääni on vaimentunut 20 dB.

Akustiikan avulla voidaan selittää se, mitä äänelle tapahtuu erilaisissa rajapinnoissa. Tämä selvittää äänen kulkeutumista eteenpäin ja sen, kuinka ääni voi tulla hyvinkin pitkän matkan takaa. Äänen kuuluvuutta ja laatua voidaan parantaa tilojen akustiikalla ja tiloissa, joissa on hyvä akustiikka, ihminen voi kuulla myös infraääniä.

Ääni on pitkittäistä aaltoliikettä. Poikittainen aaltoliike ei ole ääntä. Ihminen voi havaita ääniä tuntoaistimuksena tai kuulemalla. Äänellä on kaksi ominaisuutta: voimakkuus ja taajuus.

Yleistä äänen aaltoliikkeelle on se, että mitä korkeampitaajuinen ääni on, niin sitä pienempi on sen aallonpituus ja jakso-aika.

Ääni etenee palloaaltomaisesti syntypaikastaan kaikkiin suuntiin, kunnes se kohtaa kahden väliaineen rajapinnan [2. s. 26]. Mitä pidemmälle ääni lähteestä etenee, niin sitä pienemmäksi äänenpaine laskee. Esimerkiksi etäisyyden tullessa kaksinkertaiseksi laskee äänenpaine 6dB, mikä vastaa äänenpaineen puolittumista [2. s. 37].

Taulukosta 1 on luettavissa normaalilla kuuloalueella olevien taajuuksien aallonpituudet ja taulukosta 2 on luettavissa infraäänien aallonpituuksia.

Taulukko 1. Audioalueen aallonpituudet.

taajuus/Hz	aallonpituus/m
20	17,2
50	6,88
100	3,44
500	0,688
1000	0,344
5000	0,0688
10000	0,0344
20000	0,0172

Taulukko 2. Infraäänien aallonpituudet.

taajuus/Hz	aallonpituus/m
0,01	34400
0,1	3440
1	344
10	34,4

Äänen aaltoliike voi edetä kiinteässä aineessa, nesteessä tai kaasussa mekaanisena ja pitkitäissuuntaisena aaltoliikkeenä. Äänen eteneminen vaatii aina väliaineen.

Infraäänellä tarkoitetaan sellaista ääntä, joka on ihmisen kuuloalueen alapuolella. Normaalisti ihmisen kuuloalue mielletään sellaiseksi, että ihminen kuulee äänet, joiden taajuus on 20 Hz:n ja 16000 Hz:n välillä. Joissain lähteissä puhutaan myös sellaisista taajuuksista kuin 16 Hz ja 20000 Hz. Tässä työssä haluttiin tutkia infraääntä ja tutkimusväliksi valittiin 0,01 Hz:n ja 10 Hz:n väli. Ollaan selkeästi sellaisella alueella, jolla ihminen voi havaita ääntä ainoastaan keholleen tapahtuvasta paineen vaihtelusta tai erittäin hyvän kuulon avulla. Eläimet, esimerkiksi valaat, käyttävät keskinäisessä viestinnässään infraääniä. Ihminen ei havaitse alle 20 Hz ole-

vaa värähtelijää, mutta tällainen värähtelijä voi vaikuttaa myös ihmisen hermostoon. Infraääniä voivat tuottaa myös tuulet, myrskyt, ilmaston muutokset ja jopa maanjäristykset. [3.]

Seuraava tiedot perustuvat Geoff Leventhall:n tekstiin. [4].

Infraäänen suosituin määritelmä on ääni, jonka taajuus on alle 20 Hz:ä. Yleinen käsitys, että alle 20 Hz:n ääniä ei voi kuulla, on väärin. Alle 20 Hz:n äänet ovat kuultavissa ja ihmisen kuulemisen raja on mitattu niinkin alas kuin 1,5 Hz:iin. Infraäänien lähteet voivat vaihdella matalataajuisesta ilmanpaineen vaihtelusta mataliin audiotaajuuksiin. Näitä lähteitä voivat olla muun muassa luonnon tapahtumat, teollisuuden laitteet ja matala nopeuksiset työkonet.

Eräs infraäänen määritelmä on seuraavanlainen.

Akustinen värähtely, jonka taajuus on alle kuultavissa olevan äänen rajan (noin 16 Hz). (British Standards, 1995) (IEC, 1994)

Tämä edellä kerrottu määritelmä on kuitenkin harhaanjohtava, koska ääni on kuultavissa vaikka sen taajuus olisikin selkeästi alle 16 Hz. Kuuloraja on mitattu 4 Hz:iin akustisessa huoneessa (Watanabe ja Moler, 1990) ja alemmaksi 1,5 Hz:iin kuulokekuuntelussa (Yeowart et al., 1967). Kuuloraja ei ole vain yksinkertainen raja ”kuulen – en kuule”, vaan se muuttuu yksilöiden välillä riippuen heidän geeneistään, aiemmasta melualtistuksesta ja iästä. Kuitenkin rajan mittaukset ovat näyttäneet, että infraääni on kuultavissa riittäväillä tasoilla.

Luonnossa esiintyvien infraäänien taajuus vaihtelee välillä 0,01–2 Hz. Tämä taajuusväli on sellainen, että ääni ei ole kuultavissa. On olemassa monia luonnon lähteitä infraäänille, muun muassa meteoriitit, tulivuoren purkaukset, meren aallot, tuuli ja mikä tahansa vaikutin, joka johtaa ilman hitaaseen värähtelyyn. Ihmisen aiheuttamia lähteitä ovat muun muassa räjähdykset, suuret palamisprosessit, matalanopeuksiset tuulettimet ja laitteet.

Ihmisen korva on tutkimuksissa havaittu kaikkein herkimmäksi vastaanottimeksi infraäänelle ja matalataajuiselle äänelle.[4.]

2.2 Infraäänen havainnointi

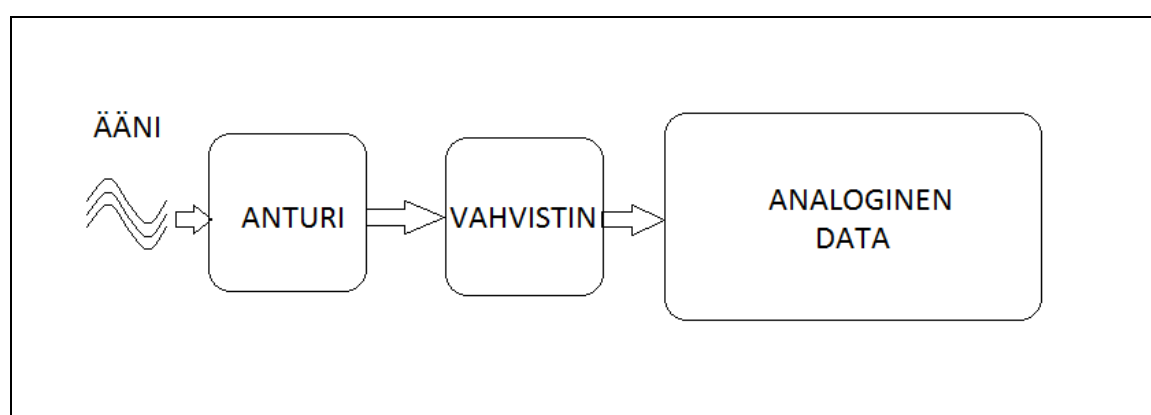
Infraääntä ei voida havaita yleisimmillä mikrofoneilla, koska niiden taajuusalue ei yllä tarpeeksi alas, jotta niillä olisi mahdollista suorittaa havainnointi. Tämän takia infraääni täytyy havainnoida paineanturilla ja tästä johtuen se havainnoidaan paineen muutoksena. Ääni on ilmanvärähtelyä eli paineen vaihtelua, ja tästä syystä paineanturi on havainnointiin hyvä. Paineanturin vain on oltava tarpeeksi herkkä, jotta sillä voidaan havainnoida infraäänen aiheuttamat muutokset ja saadaan infraääni esille.

Infraäänen havainnointiin tuo omaa vaikeuttaan se, että infraääni aiheuttaa ilman liikettä samalla taajuus-alueella kuin ilmanpaine. Kun havainnoidaan äänen aiheuttamaa ilman liikettä, niin siitä on saatava eliminointua ilmanpaineen aiheuttamat vaihtelut pois, jotta saadaan esille vain haluttu infraääni. Tätä helpottaa se, että ilmanpaineen vaihtelu on jatkuvaa ja tasaista, mistä johtuen se voidaan suodattaa pois. Suodatuksen jälkeen jäljelle jää ainoastaan haluttu infraääni.

3 LAITTEEN SUUNNITTELU

3.1 Toiminnan suunnittelu

Laitteen kytkentää suunnitellessani mietin sitä, millaisen rakenteen laite tarvitsee toimiakseen halutulla tavalla. Päädyin siihen, että laite toimii seuraavalla tavalla. Ensin ääni tulee anturille, josta se siirtyy vahvistinasteelle, joka muokkaa datan analogiseksi. Näiden pohdintojen jälkeen piirsin laitteelle toiminnallisen lohkokaaavion, joka on esitetty kuvassa 1.



Kuva 1. Laitteen toiminnallinen lohkokaavio.

Kuvassa 1 on esitetty laitteen toiminta lohkokaaavion, jota laitteen kytkennällinen toiminta seuraa. Tähän kaavioon ja siinä esitettyyn tiedon liikkumiseen koko laitteen suunnittelu pohjautuu. Anturi vastaanottaa tulevan äänisignaalin ja välittää sen suoraan sellaisenaan vahvistinosalle. Vahvistinosassa signaalille suoritetaan vahvistus, jonka jälkeen sitä voidaan lukea tai käsitellä edelleen.

Seuraavassa on laitteen toiminnalliset lohkot kuvattuna hiukan tarkemmin. Ensimmäisenä tulee anturikytkentä, jossa anturille on kytketty tarvittavat jännitteet ja linjat. Anturilta signaali siirtyy vahvistinkytkentään, jossa anturilta tuleva signaali vahvistetaan tasoltaan sellaiseksi, että sen vaihteluväli saadaan lukemisen kannalta sopivaksi. Seuraavaksi suodatinpiirin avulla suodatetaan paine-anturin antamasta vahvistetusta signaalista pois pitkäaikainen ilmanpaineen vaihtelu. Tällä mittausalueella ilmanpaineen vaihtelut vaikuttavat mitattavaan infraäänien. Tässä työssä suodatinpiiri on lisätty osaksi vahvistinlohkoa.

3.2 Anturikytkennän suunnittelu

Aluksi tutkin jo olemassa olevia mikrofoni-elementtejä. Pian selvisi se tosiasia, että markkinoilta ei löytynyt kohtuuhintaista mikrofonielementtiä, jolla on tarpeeksi pieni alarajataajuus. Paras löytämäni kohtuuhintainen mikrofonielementti pääsi vain 20Hz alataajuuteen. Työssä olin kuitenkin kiinnostunut havainnoimaan ääntä, jonka taajuus on välillä 0,01-10 Hz. Tästä syystä päädyttiin siihen tulokseen, että ainoa mahdollisuus havainnoida kyseistä ääntä ja pitää osien hinta kohtuullisena on käyttää paineanturia.

Paineantureita on kahta erilaista tyyppiä: absoluuttipaineantureita sekä differentiaalipaineantureita. Merkittävin ero näiden kahden välillä on se, että absoluuttianturi mittaa absoluuttista eli hetkellistä painetta ja differentiaalianturi mittaa paineiden välistä eroa. Näitä anturityyppejä tutkiessani tulin siihen tulokseen, että differentiaalipaineanturi voisi olla parempi vaihtoehto tätä työtä varten ja sen takia valitsin kyseisen anturityypin käyttöön.

Anturiksi työhön valitsin SCC100DN-anturin ja sen differentiaaliversion. Kyseisen anturin mitta-alue on 0–100 PSI eli noin 0–6,9 bar. Tämä riittää erittäin hyvin ja kyseisen anturin valitsin sen takia, että se oli helpoiten saatavilla ja sen tarkkuus oli työtä ajatellen hyvä. Anturi oli myös tätä työtä varten tarpeeksi herkkä. Anturin herkkyys riippuu käyttöjännitteestä, joka sille kytketään. Anturin datalehdessä saadulla kaavalla laskin, että anturille kytkettäessä viiden voltin käyttöjännite saadaan sen herkkyys sopivaksi tätä työtä varten. Kyseisen anturin tarkkuus on noin 0,5 PSI:tä eli noin 0,0034 baria. Vertailuna fysikaaliseksi eli normaali ilmakehän paineeksi kutsutaan 1,01325 barin painetta. Anturi vaatii toimiakseen tiettyjen jännitteiden ja linjojen kytkemistä.

Anturi vaatii kytkentäänsä maan (GND) nastaan 1 ja käyttöjännitteen (+VS) nastaan 3. Käyttöjännitteen kytkennässä on huomioitava se, että maksimivirta saa olla ainoastaan 1,5 mA. Tämän takia käyttöjännitteen syöttöön on lisättävä vastus, jolla rajoitetaan anturille menevä virta sopivaksi, joksi valmistaja suosittelee 1 mA:n virtaa. Anturin ulos antama signaali saadaan nastoista 4 out- ja 2 out+. Anturissa on kaksi mittaavaa piiriä ja jännite saadaan ulos näiden kahden piirin erona. Näiden kahden jännitteen eron muuttaminen yhdeksi jännitteeksi tehdään differentiaalivahvistimella, jossa vahvistetaan kahden eri tulojännitteen ero ulostulojännitteeseen. Differentiaalivahvistin toteutettiin TL074-piirillä, koska samanlaista piiriä käytetään myös perusvahvistinkytkennässä ja tässä piirissä on sisään rakennettuna neljä kap-

palette operaatiovahvistimia. Operaatiovahvistimesta käytettiin sisäänmenoja nastoissa 5 ja 6, ja niiden ulostulo saadaan nastasta 7.

Differentiaalivahvistimelle on tässä tapauksessa laitettu mahdollisimman suuri järkevillä komponenteilla suunniteltu vahvistus. Tämä johtuu siitä, että valitun anturin jännitemuutokset paineen vaihteluiden aikana ovat vain millivolttien luokkaa. Tämä johtaa siihen, että vahvistuksen on oltava suuri, jotta signaalin voimakkuus saadaan sellaiseksi, että sitä on helpompi lukea ja käsitellä.

3.3 Vahvistinkytkennän suunnittelu

Vahvistimeksi tässä työssä valikoitui ominaisuuksiensa takia operaatiovahvistin TL074. Kyseisessä vahvistimessa on sisäänrakennettuna neljä vahvistinta, mutta tässä työssä tarvitaan käyttöön vain kaksi kappaletta niistä. Operaatiovahvistimen käyttöjännite on ± 15 voltia. Suunnitelmissa on käyttää ensimmäistä vahvistinta. Silloin invertoiva (-) sisääntulo on piirin nastassa 2 ja ei-invertoiva (+) on nastassa 3. Ensimmäisen vahvistimen ulostulo on nastassa 1. Positiivinen käyttöjännite (V_{CC+}) syötetään nastaan 4 ja negatiivinen (V_{CC-}) syötetään nastaan 11. Vahvistimen vahvistusta voidaan säätää vastuksilla R_1 ja R_2 . Näiden keskinäinen suhde määrää sen, kuinka suuri on vahvistinkytkennän vahvistus. Kytkenän suunnittelussa lähdettiin liikkeelle siitä, että saadaan oikeat käyttöjännitteet piirille. Tämän jälkeen selvitettiin tarvittavat vastukset, jotta vahvistin antaisi halutun vahvistuksen. Valittiin myös, mitä piirin vahvistimista käytetään kytkentäkuvan piirtämistä varten.

Tässä tapauksessa vahvistuksen on oltava mahdollisimman suuri, koska anturin antama signaali on millivolteja. Differentiaalivahvistin vahvistaa signaalia jo voimakkaasti, mutta se ei ole vielä riittävä, minkä vuoksi signaalia on tässäkin kohdassa vahvistettava vielä voimakkaasti.

4 KYTKENNÄN KÄYTÄNNÖN TOTEUTUS

4.1 Anturikytkentä

Anturikytkennän toteutuksessa lähdettiin liikkeelle laskemalla ensimmäisenä virran rajoitusvastukselle R_V sopiva arvo. Laskuissa käytetään valmistajan antamia suositus arvoja, jotka ovat virta 1 mA ja jännite 5 V. Ohmin lakia (kaava 1) soveltamalla saadaan laskettua vastukselle arvo.

$$U = RI \rightarrow R = \frac{U}{I} \quad (1)$$

Tässä tapauksessa $U=5$ V, $R=R_V$ ja $I=I_S$. Sijoittamalla nämä kaavaan 1 saadaan.

$$U = R_V I_S \rightarrow R_V = \frac{U}{I_S} = \frac{5 \text{ V}}{1 \text{ mA}} = 5 \text{ k}\Omega$$

Koska käytössä olleesta vastussarjasta ei kyseisin kokoista vastusta löytynyt, laitettiin kytkentää varmuuden vuoksi käyttöön 6,2 k Ω :n vastus, jotta vahinkoja ylivirran muodossa ei pääsisi syntymään. Näillä tiedoilla voidaan laskea todellinen anturille menevä virta I_S hyödyntämällä kaavaa 1. Kaavassa jännitteellä U_A tarkoitetaan anturin käyttöjännitettä, joka anturille syötetään.

$$U = RI \rightarrow I = \frac{U}{R} \rightarrow I_S = \frac{U_A}{R_V} = \frac{5 \text{ V}}{6,2 \text{ k}\Omega} = 0,8065 \dots \text{ mA} \approx 0,81 \text{ mA}$$

Eli anturille menevä virta $I_S=0,81$ mA.

Differentiaalivahvistinta varten oleva operaatiovahvistin vaatii ± 15 V käyttöjännitteen, joka sille kytkettiin. Differentiaalivahvistimen vahvistus valittiin mahdollisimman suureksi, ja tämä vaikutti komponentti valintoihin merkittävästi. Vahvistus saadaan laskemalla kaavalla 2.

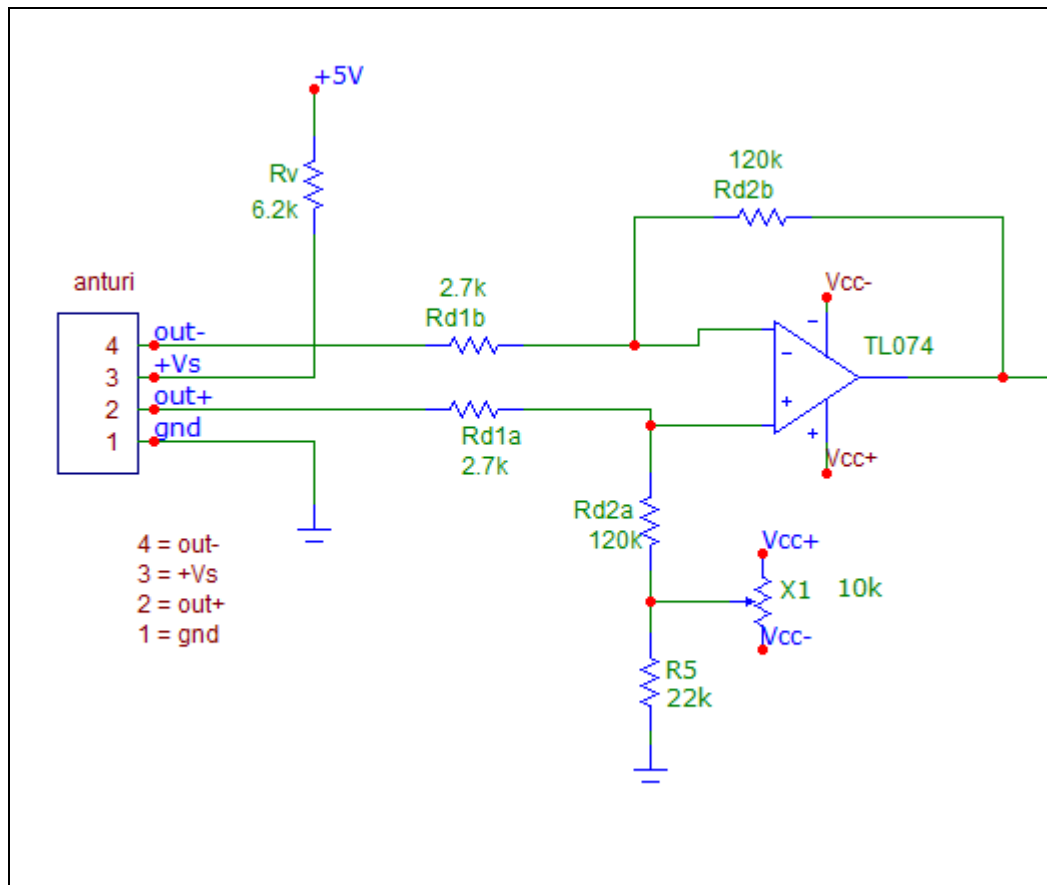
$$A_u = \frac{R_2}{R_1} \quad (2)$$

Suuren vahvistuksen takia valittiin seuraavat komponentti arvot $R_{D1A}=2,7\text{ k}\Omega$, $R_{D2A}=120\text{ k}\Omega$, $R_{D1B}=2,7\text{ k}\Omega$ ja $R_{D2B}=120\text{ k}\Omega$. Näillä arvoilla saadaan laskettua vahvistukset sijoittamalla ne kaavaan 2 [5].

$$Au_1 = \frac{R_{D2A}}{R_{D1A}} = \frac{120\text{ k}\Omega}{2,7\text{ k}\Omega} = 44,444 \dots \approx 44$$

$$Au_1 = \frac{R_{D2B}}{R_{D1B}} = \frac{120\text{ k}\Omega}{2,7\text{ k}\Omega} = 44,444 \dots \approx 44$$

Laskuista voidaan päätellä, että kytkennässä oleva differentiaalivahvistin vahvistaa sen syötönastojen välisen jännite eron noin neljäkymmentäneljäkertaiseksi eli kytkennän vahvistus on noin 44. Anturin ja differentiaalivahvistimen kytkennästä tuli näillä komponenteilla kuvan 2 mukainen kytkentä.

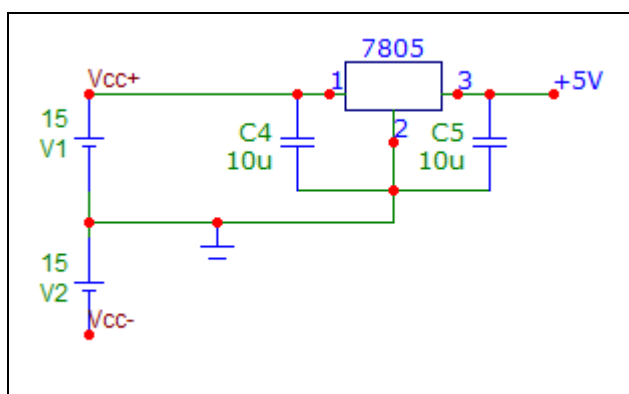


Kuva 2. Anturi- ja differentiaalivahvistinkytkentä.

Kytkenässä esiintyy myös vastus R5 ja trimmeri X1. Näillä kahdella komponentilla voidaan säätää differentiaalivahvistimen ulostulo nolaksi, jolloin voidaan helpommin mitata infra-

ääniä, mitä mittauspaikalta löytyy. Trimmerillä säädetään jännitteet out- ja out+ samanarvoiseksi, ja tällöin differentiaalivahvistimen sisääntuloissa on sama jännite. Kun jännite-eroa sisääntuloissa ei ole, on ulostulojännite nolla. Käytännössä näillä komponenteilla voidaan määrittää differentiaalivahvistimelle niin sanottu nollatila, mistä voidaan sitten lähteä suorittamaan mittauksia halutuissa paikoissa tai voidaan säätää halutun paikan tila nollatilaksi.

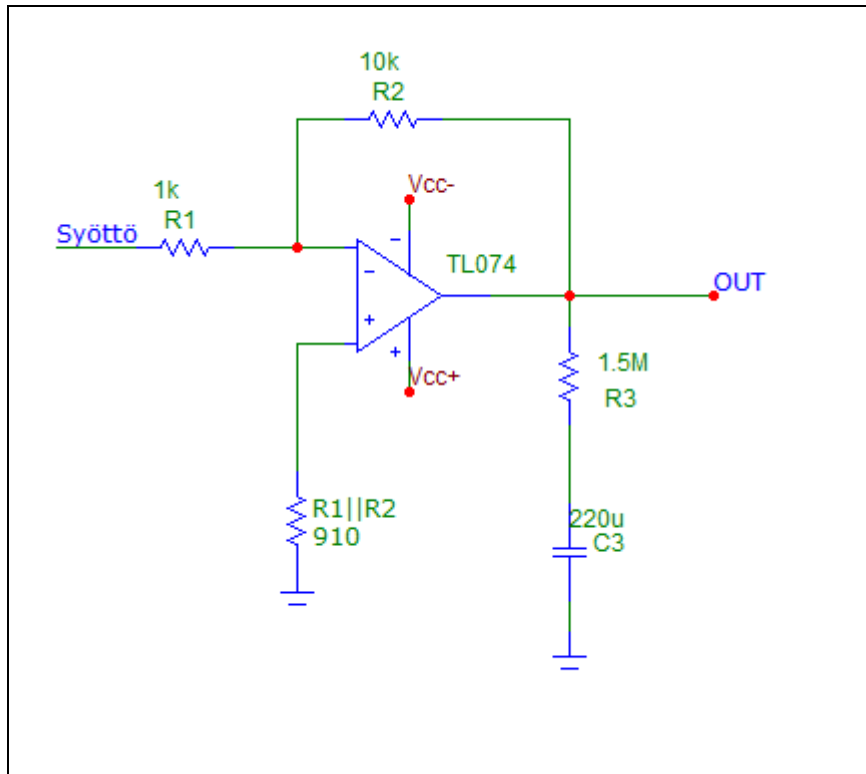
Tässä kytkennässä anturin tarvitsema +5 V:n käyttöjännite tuotettiin syöttämällä +15 V:n eli Vcc+ käyttöjännite 7805 jänniteregulaattorille, joka muuntaa 15 V:n jännitteen 5 V:n jännitteeksi, joka syötettiin anturille. Tämä kytkentä on esitetty kuvassa 3.



Kuva 3. Käyttöjännitteiden kytkentä.

4.2 Vahvistinkytkentä

Vahvistinkytkennäksi valitsin tätä työtä varten tavallisen operaatiovahvistimella toteutetun kääntävän vahvistimen [7, s. 5]. Tämä kytkentä valikoitui sen helpon toteutettavuuden ja toiminnan varmistamisen takia. Kytkennässä on helppo säätää sen vahvistusta kahden vastuksen suhteella. Operaatiovahvistimeksi valittiin TL074-piiri, koska sitä käytetään jo differentiaalivahvistimessa. Piirissä on sisällä neljä operaatiovahvistinta, joten on loogisinta käyttää jo olemassa olevia operaatiovahvistimia. Tämä valittu vahvistinratkaisu on esitetty kuvassa 4. Kuvassa olevat vastukset R1 ja R2 määrittävät sen, kuinka suuri on kytkennän aikaan saama vahvistus.



Kuva 4. Kääntävä vahvistinkytkenä.

Kuvassa esitetyn vastuksen $R1 || R2$ arvo saadaan laskemalla se kaavalla 3 [6].

$$R_{KOK} = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_x} \right)^{-1} \quad (3)$$

Sijoitetaan kaavaan vastusten $R1$ ja $R2$ arvot ja lasketaan vastukselle $R1 || R2$ arvo.

$$R1 || R2 = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)^{-1} = \left(\frac{1}{1000 \Omega} + \frac{1}{10000 \Omega} \right)^{-1} = 909,090909 \dots \Omega \approx 910 \Omega$$

Vastuksen arvoksi saatiin 910Ω ja se laitettiin kytkentään.

Kuvassa 4 on esitetty kääntävä vahvistinkytkenä ja sen toteutus. Siinä saadaan vahvistus laskettua vastusten $R1$ ja $R2$ suhteena käyttämällä kaavaa 4 [7, s. 5]. Sijoittamalla vastusten arvot kaavaan saadaan kytkennälle laskettua vahvistus Au_2 .

$$Au = -\frac{R2}{R1} \quad (4)$$

$$Au_2 = -\frac{R_2}{R_1} = -\frac{10 \text{ k}\Omega}{1 \text{ k}\Omega} = -10$$

Laskulla saatiin kytkennälle vahvistukseksi -10. Tämä tarkoittaa sitä, että vahvistin on kääntävä vahvistin, eli kun vahvistimeen syötetään positiivista jännitettä, tulee ulos negatiivista ja päinvastoin. Kun otetaan huomioon kohdassa 4.1 esitellyn differentiaalivahvistimen vahvistus, joka oli noin 44, saadaan kytkennälle laskettua kokonaisvahvistus, joka on näiden kahden vahvistuksen kertolaskun tulos. Eli vahvistimien kokonaisvahvistukseksi Au tulee.

$$Au = Au_1 * Au_2 = 44 * (-10) = -440$$

Tässä laskussa huomioidaan vahvistimen kääntävä ominaisuus ja siitä johtuu negatiivinen lopputulos.

Eli kytkennässä on kokonaisvahvistuksena -440, mikä tarkoittaa sitä, että jos sisääntulojen ero on esimerkiksi 10 mV, niin silloin vahvistimien jälkeen ulos tulee -4400 mV eli -4,4 V.

Tässä kytkennässä vastuksella R3 ja kondensaattorilla C3 on oma erikoistehtävänsä. Nämä kaksi komponenttia toimivat tässä kytkennässä suodatinpiirinä. Suodatinpiirillä on tarkoituksena eliminoida eli poistaa ilmanpaineen vaikutus mitattavasta infraäänestä. Tämä onnistuu, koska pitkällä aikavälillä ilmanpaineen vaihtelu on tasaista ja tästä syystä suodattaminen onnistuu helpoiten käyttämällä näitä kahta peruskomponenttia. Ilmanpaineen suodattaminen vaatii tältä suodatinpiiriltä mahdollisimman pitkän aikavakion, eli kondensaattorin latautumisen tulisi kestää mahdollisimman pitkään. Aikavakioon vaikuttavat suodattimen vastuksen R3 arvo ja kondensaattorin C3 arvo. Aikavakio saadaan laskettua kertomalla nämä kaksi arvoa keskenään. Suodattamisen toimimisen kannalta erittäin tärkeää on kondensaattorin mahdollisimman pieni vuotovirta. Kondensaattorin aikavakio voidaan lasketa kaavalla 5.

$$\tau = R * C \tag{5}$$

Ilmanpaineen vaikutuksen suodattaminen pois näillä kahdella peruskomponentilla perustuu kondensaattorin lataamisen vaatimaan aikaan. Mitä pidempi aika kondensaattorilla kestää latautua, sitä paremmin piiri suodattaa ilmanpaineen vaihtelua pois infraäänestä. Aikavakio on se aika, joka kuluu tässä suodattimessa kondensaattorin latautumiseen. Suodatuksen kannalta olennaisen aikavakion on hyvä olla useita minuutteja. Kolmen ja viiden minuutin välillä oleva aikavakio on tähän työhön sopiva ja sillä saadaan tarpeeksi hyvä suodatus aikaiseksi.

Tässä kytkennässä valittiin arvoiltaan seuraavat komponentit käyttöön suodatinpiiriin. Vastus $R3 = 1,5 \text{ M}\Omega$ ja kondensaattori $C3 = 220 \text{ }\mu\text{F}$. Sijoittamalla nämä arvot kaavaan 5 saamme laskettua suodattimelle aikavakion τ_{SUODATIN} .

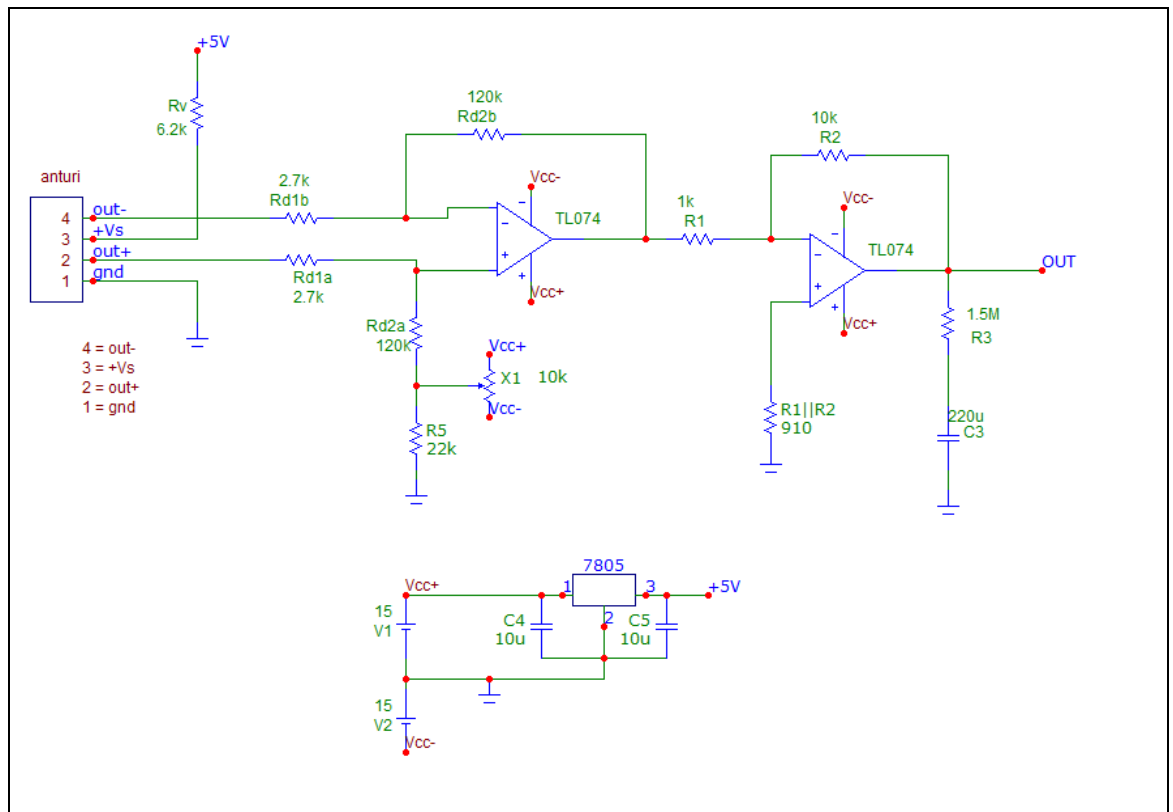
$$\tau_{\text{SUODATIN}} = R3 * C3 = 1,5 \text{ M}\Omega * 220 \text{ }\mu\text{F} = 330 \text{ s} = 5 \text{ min } 30 \text{ s}$$

Aikavakiosta voidaan päätellä, että valituilla komponenttiarvoilla saadaan suodattimelle suodatus, joka on tähän työhön riittävä.

Komponentit $R3$ ja $C3$ lisättiin kytkentään, joka on esitetty kuvassa 4.

4.3 Laitteen kytkentä

Koko laitteen kytkennässä kohtien 4.1 ja 4.2 kytkennät yhdistettiin kokonaisuudeksi, jotta ne toimivat yhdessä. Näin saadaan kytkennästä ulos analogista signaalia, jota voidaan jatkokäsitellä halutulla tavalla. Kuvassa 5 on esitetty laitteen lopullinen kytkentä kaikkine komponentteineen.



Kuva 5. Yhtenäinen kytkentä.

Laitte koostuu käytännössä neljästä eri osasta. Ensimmäisenä on anturi ja sen vaatimat kytkennät. Toisena tulee differentiaalivahvistin, jonka tehtävänä on muuttaa anturin antama eropaine yhdeksi signaaliksi, josta löytyy anturilla mitattava infräänä. Tähän differentiaalivahvistinvaiheeseen on lisätty komponentteja sitä varten, että mittaustilanteissa olevia muuttuvia tekijöitä voidaan kompensoida pois. Tämä mahdollistaa tarkemmat mittaustulokset ja parantaa laitteen toimintatarkkuutta. Kolmantena laitteessa on vahvistinaste, joka vahvistaa differentiaalivahvistimelta tulevan signaalin sellaiseksi, jotta sen jatkokäsittely on mahdollista. Tähän samaan vahvistinasteeseen on lisätty laitteen neljäs osa eli suodatinpiiri, jonka tehtävänä laitteessa on suodattaa pitkäaikaisen ilmanpaineen vaihtelun aiheuttama muutos pois mitatusta infräänestä. Tämän ansiosta voidaan tästä eteenpäin jatkokäsittellä ainoastaan infräänäntä ja tehdä sille asioita ja mittauksia, joita tekijä kussakin tilanteessa tarvitsee.

Nämä edellä esitellyt neljä osaa muodostavat laitteen ja ne sarjaan kytkemällä on kyseinen laite saatu toteutettua. Käytännössä valmista laitetta ei saatu valmistettua, mutta koekytkentäalustalle saatiin prototyyppiversio tehtyä. Sillä saatiin suoritettua yksinkertaisia testejä. Näin saatiin varmistettua se, että laite toimii myös käytännössä.

5 KYTKENTÖJEN TESTAAMINEN

5.1 Anturikytkennän testaus

Anturikytkentää testattiin siten, että aluksi anturissa ollut toinen reikä, josta ilmanpaine menee anturille, tukittiin, jotta saataisiin aikaiseksi paine-eroa anturille. Tämän jälkeen kytkennässä olevan trimmerin X1 avulla asetettiin differentiaalivahvistimen ulostulon tila mahdollisimman lähelle nollaa voltia. Tämä tehtiin sen takia, koska tukittuunkin reikään kohdistuu ilmanpaine, teipillä haluttiin vain estää siellä tapahtuvaa muutosta. Seuraavaksi avoimeen reikään puhallettiin varovasti ilmaa vaihtelevalla voimakkuudella ja tällä saatiin aikaiseksi paine-eroa, mikä testauksessa havaittiin oskilloskoopin näytöltä, kun oskilloskoopin kanava oli kytketty seuraamaan differentiaalivahvistimen ulostuloa.

Oskilloskoopin asetuksissa oli otettava huomioon puhaltamisen kesto eli jaksonaika oli säädettävä mahdollisimman pitkäksi, mutta testin aikana sitä jouduttiin vaihtelevaan. Myös oskilloskoopin volttiasteikon arvo oli etsittävä testin aikana kokeilemalla, koska eri voimakkuuksilla puhallettaessa paine-ero muuttui ja tällöin myös ulostulon arvo vaihteli. Testatessa ja asteikkoja valitessa oli myös muistettava sellainen asia, että puhaltamalla ei saatu aikaan kovin tasaista muutosta. Puhallettaessa voimakkuuden muutos on heittelevää, mikä toisaalta helpotti havainnointia oskilloskoopin näytöltä.

Testauksessa saatiin ulostulevaan signaaliin aikaiseksi muutoksia ja tämä todensi sitä teoriaa, että differentiaalipaineanturilla on mahdollista havainnoida infraääntä ja muuttaa se analogiseksi signaaliksi eli jännitteen vaihteluksi. Testin lopuksi todettiin anturikytkennän ja differentiaalivahvistimesten toimivan halutulla tavalla ja se todettiin toimivaksi.

Ongelmana testauksen alussa oli se, että vahvistimelta ei saatu signaalia ulos. Alussa vahvistimen ulostulossa näkyi ainoastaan mittauskanavassa ja kytkennässä olevaa kohinaa. Tämä ongelma ratkesi sillä, kun tutkittiin anturin datalehteä ja huomattiin seikka, että ulostulojännitteen muutos anturilla on erittäin pieni. Tämä johti siihen, että alussa kytkentään suunniteltu vahvistin ei yksinkertaisesti vahvistanut signaalia tarpeeksi. Tämä ongelma ratkesi mitoittamalla vahvistukseen vaikuttavat vastukset uudelleen ja näin saatiin vahvistus halutuksi ja saatiin näkymään muutosta vahvistimen ulostulossa.

Seuraavana ongelmana oli se, että vahvistimen ulostulon signaali tuntui heittelevän aika paljon. Tämän heittelyn poistamiseksi kytkentään lisättiin vastus R5 ja trimmeri X1. Näillä saatiin toinen anturin antamista signaaleista eli se, jonka reikä oli tukittu, asetettua siten, että ilman puhaltamista on vahvistimen ulostulossa nolla voltia. Asetus tapahtuu säätämällä trimmeriä X1 niin kauan, että vahvistimen ulostulon arvo on erittäin lähellä nollaa voltia. Nollan voltin saaminen ulostuloon on miltei mahdotonta, koska kytkennässä aina esiintyy vähän kohinaa ja se aiheuttaa pientä heiluntaa ulostulon jännitteeseen.

Näiden ongelmien ratkaisemisen jälkeen ja kytkennän säätämisen jälkeen saatiin anturilta ja differentiaalivahvistimelta ulos sellaisia muutoksia, että niistä oli mahdollista jatkaa kytkennän tekemistä eteenpäin ja jatkaa laitteen testausta samoin eteenpäin. Tässä testissä anturi ja differentiaalivahvistin kytkentä todettiin toimivaksi.

5.2 Vahvistinkytkennän testaus

Testauksen alussa oli ongelmia kytkennän toimivuuden kanssa. Mitään suurta virhettä ei ollut tapahtunut vaan vian paikallistaminen onnistui nopeasti.

Kytkenän korjaamisen jälkeen aloitettiin uudelleen testaaminen. Tässä vaiheessa huomattiin kytkennän toimivan halutulla tavalla ja sen suorittama vahvistus signaalille oli oikean suuruisen ja tähän oltiin tyytyväisiä.

Testauksessa vahvistimelle syötettiin signaalia signaaligeneraattorilla. Tässä testissä syötettiin sinisignaalia, jonka huipusta huippuun arvo oli 1 V ja taajuus noin 70 Hz:ä. Näillä tuloon syötetyillä arvoilla saatiin ulostuloon vahvistettua signaali, jonka huipusta huippuun arvo oli 10V ja taajuus noin 70 Hz:ä. Ainoa ero, joka oli syötettävällä ja ulostulevalla signaalilla oli niiden vaihe-ero, joka oli noin 180°. Tämä selittyy sillä, että vahvistin on kääntävä vahvistin eli se kääntää syötettävän signaalin vaiheen, mikä on tälle vahvistimelle ominaista.

Testauksen tuloksia tarkkailtiin oskilloskoopin näytöltä ja nämä tulokset oli saatu lukemalla arvoja, jotka piirtyvät näytölle. Testauksen tulokset olivat odotettuja ja niiden tulkinta oli nopeaa, koska tällaisen vahvistimen toiminta on jo entuudestaan tuttua aikaisemmin tehtyjen laboratoriotöiden johdosta ja näissä töissä saatiin samanlaiset tulokset aikaiseksi ja tästä syys-

tä tämän vahvistimen testaaminen suoritettiin nopeasti ja päästiin eteenpäin. Vahvistinkyt-kentä todettiin suoritetuissa testeissä toimivaksi.

5.3 Laitteen kytkennän testaus

Laitteen kytkentää testattiin kytkemällä kohdissa 5.1 ja 5.2 testatut kytkennät yhdeksi kokonaisuudeksi ja kokeilemalla sen kytkennän toimintaa. Testissä paineanturin toinen ilman sisään-tulo tukittiin, jotta saatiin aikaiseksi paine-eroa näihin kahteen eri sisään-tuloon. Tämän jälkeen säädettiin oskilloskooppi siten, että näytölle saatiin näkymään kuvaa. Oskilloskoopin säädöissä jouduttiin aika-akselille laittamaan mahdollisimman pitkä aika, koska puhaltamalla, kuten tässä tapauksessa testattiin, ei saada aikaan erittäin nopeaa muutosta. Testin aikana aika-akselin arvoa vaihdeltiin välillä parhaan mahdollisen kuvan saamiseksi. Samoin vaihdettiin jänniteakselinkin arvoa.

Tässä testissä saatiin laitteen toiminnan kannalta hyviä tuloksia. Puhaltamalla saatiin ulostuloon aikaan jännitteen tilan muutoksia ja tämä tuki sitä olettamusta, että laite toimisi halutulla tavalla ja sillä voitaisiin havainnoida infraäänä. Kun testissä puhallettiin anturin sisään-tuloon, alkoi oskilloskoopin näytöllä näkyvä piste heilua ylös ja alas ajan kuluessa. Tämä piste piirtää kuvan näytölle ja näkyy pisteenä pitkän aika-akselin ajan takia.

Aivan tarkkoja muutoksia ulostulossa ei tällä testillä saada aikaiseksi, koska puhaltamalla ei saada aikaan sellaisia muutoksia, joista tiedettäisiin, että mitä odottaa seuraavaksi. Tällä testillä saadaan vain tutkittua kytkennän toiminta havaitusta signaalista siten, että ulos saadaan vahvistettua signaalia. Syöttämällä toiseen differentiaalivahvistimen sisään-tuloon esimerkiksi sinisignaalia ja kytkemällä toinen maatasoon saadaan testattua vahvistinasteen toiminta ja vahvistus. Tässä testissä kytkentä toimi oikein ja vahvistus oli haluttu, vaikka pieni ero laskennalliseen oli, mutta tämä johtui siitä, että kytkennässä käytettävät komponentit eivät olleet ideaalisia, niin kuin laskuissa käytetyt ja se aiheutti hiukan laskettua pienemmän vahvistuksen.

Näissä testeissä ei ehditty testata suodattimen toimintaa oikeastaan ollenkaan. Testien lopussa suodatin kytkettiin mukaan, mutta sellaista signaalia, jolla sen täydellinen toiminta olisi todettu, ei saatu aikaiseksi. Tämä oli pieni puute testauksessa. Tähän ei keritty hirveästi paneutumaan aikataulun takia, jossa pienet venähdykset aiheuttivat sen, että testejä ei keritty suorittaa aivan siinä määrin ja tasolla kuin alun perin oli suunniteltu.

Pääpiirteissään testissä saatiin tärkeimmät osa-alueet testattua suodatusta lukuun ottamatta. Näissä testeissä, niiltä osin jotka saatiin kokonaan testattua, todettiin kytkennän olevan toimiva ja sitä voidaan jatkossa hyödyntää. Osa-alueet, jotka testi kattoi täysin, toimivat oikein ja niiden toteutukseen oltiin tyytyväisiä ja niiden osalta voi jatkaa eteenpäin. Laite toimi testeissä oikein ja voitiin todeta toimivaksi.

6 LOPPUANALYYSI JA JATKOKEHITYSIDEOTTA

6.1 Loppuanalyysi

Työssä sain rakennettua ja testattua peruskytkennän, jolla on mahdollista havainnoida infraääniä. Tällä kytkennällä havainnoidut infraäänit saadaan muutettua analogiseksi signaaliksi, jota voidaan tarpeen mukaan jatkokäsitellä. Testeissä kytkentäprototyypillä saatiin sellaisia tuloksia, että laitteen toiminta periaate on toimiva ja sillä saadaan tehtyä haluttuja asioita. Tätä taustaa vasten työn tavoitteet täyttyivät.

Työn edetessä ilmeni ongelmia, joiden takia tavoitteet jouduttiin määrittelemään uudelleen. Tavoitteiden uudelleenmäärittely suoritettiin yhdessä valvojan kanssa ja kytkentä, joka tämän työn tuloksena saatiin aikaan vastaa työlle uudelleen määriteltyjä tavoitteita.

Insinööri työn tekeminen oli opettavainen kokemus ja toi esille sitä, millaista töiden tekeminen voi olla oikeassa yrityksessä. Työ opetti paljon suunnittelua ja aikataulujen tekoa sekä niissä pysymistä. Pääpiirteissään kytkentä oli elektroniikan kanssa toimimista ja erilaisten työhön sopivien komponenttien ja kytkentöjen etsimistä ja sen jälkeen niiden testausta. Työn tekeminen toi edetessään esille uudenlaisia seikkoja, joita pitää ottaa huomioon, ja niistä sai erittäin hyvää oppia, mutta hankaluuksia ne eivät aiheuttaneet.

6.2 Jatkokehitysideoita

Tätä työtä voisi jatkokehittää parantamalla käyttöjännitteiden toteutusta eli toteuttaa käyttöjännitteet siten, että yksi kappale yksipuoleisia eli 0-X V riittäisi laitteen toimintaan. Tällä saataisiin aikaan laitteelle helpompi siirrettävyys ja sen toimintaan saattaminen olisi yksinkertaisempaa ja helpompaa.

Kehittää voisi myös paremman tavan johtaa havainnoitava ilmanpaine tai ääni anturin mittausta reikiin ja tällä voitaisiin varmasti saada mittaustuloksia tarkemmiksi.

Tätä tekemääni työtä voisi jatkaa esimerkiksi liittämällä kytkentään vielä AD-muuntimen ja sitä kautta muokkaamalla analogisen signaalin digitaalseksi ja tällä tavalla mahdollistaa digitaalisen tiedon siirtämisen eteenpäin tai tehdä sille muita muutoksia.

Digitaalista signaalia on helpompi jatkokäsitellä ja se voidaan siirtää vaikka tietokoneella ja suorittaa sille signaalin käsittelyä. Signaalista voitaisiin erotella sen spektri ja saataisiin tietää, minkä taajuisista signaaleista se muodostuu.

7 YHTEENVETO

Insinööriyössä toteutettiin kytkentä, jolla voidaan havainnoida infraääniä ja havainnoidut äänet muutetaan analogiseksi signaaliksi. Tälle signaalille suoritetaan sopiva vahvistaminen ja tällöin saadaan signaalille sopiva taso ja tästä voidaan sitten jatkaa signaalinkäsittelyä eteenpäin tavalla, joka kussakin tapauksessa on sopivin.

KytKentä muodostuu neljästä eri osa-alueesta. Ensimmäisenä tulee paineanturi, joka havaitsee äänen. Anturilta signaali siirtyy differentiaalivahvistimelle, joka vahvistaa anturin mittaamaan kahden eri paineen eron ja välittää sen eteenpäin. Tähän vahvistin vaiheeseen on lisätty säätö, jolla voidaan anturin säätää mittausta paikan mukaan ja näin ollen saadaan tarkempia tuloksia, kun mittauksia suoritetaan. Seuraavaksi tämä signaali vahvistetaan operaatiovahvistimella, jotta sille saataisiin jatkokäsittelyä varten sopiva signaali taso. Tämän jälkeen kytkennässä on suodatinpiiri, joka poistaa mittauksista pitkäaikaisen ilmanpaineen vaihtelun, jotta jatkossa voitaisiin käsitellä vain infraääntä.

Testauksissa prototyyppikytkentä todettiin toimivaksi ja sillä saatiin testattua se, että kytkentä toimii ja tähän oltiin tyytyväisiä. Omasta mielestä hiukan enemmän testausta olisi voinut suorittaa. Testaukset tässä vaiheessa olivat vain kytkennän toiminnan varmistamista, koska valmista piirikorttia ei keritty valmistamaan ja näin ollen laitetta ei saatu vietyä mittausta paikkoihin eikä saatu niissä testattua.

Pääpiirteissään työ oli onnistunut ja sille asetetut tavoitteet saavutettiin, vaikka niistä jouduttiin hiukan tinkimään kesken työn. Aikataulutusta onnistui mielestäni hyvin, vaikka pieni sairastelu työn tärkeimpien vaiheiden aikana aiheutti viivästystä. Tämä näkyi loppuvaiheessa siinä, että kytkennän testaus ei ollut aivan niin laajaa kuin olisi haluttu.

LÄHTEET

1. Heli Viita, Kerttu Huttunen, Martti Sorri, Korvat ja kuuleminen, Suomen kuurosokeat ry, 1998

ISBN 952-9713-10-X
2. Tapani Jauhiainen, Kuulo ja viestintä, Yliopistopaino Helsinki , Helsinki 1995

ISBN 951-570-259-3
3. Wikipedia, Infraääni. [WWW-dokumentti]

<<http://fi.wikipedia.org/wiki/Infra%C3%A4%C3%A4ni>>

(Luettu 20.10.2009)
4. Geoff Leventhall, What is infrasound?, ScienceDirect, julkaistu 4.9.2006 [WWW-dokumentti]

<http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MIimg&_imagekey=B6TBN-4KJV20D-1-7&_cdi=5147&_user=1638230&_orig=search&_coverDate=04%2F30%2F2007&_sk=999069998&view=c&wchp=dGLbVlb-zSkzV&md5=b91f73a0d06d2974be26a2269625d8cb&ie=/sdarticle.pdf>

(Luettu 7.12.2009)
5. Harri Honkanen, Differentiaalivahvistin, Kajaanin Ammattikorkeakoulu, [WWW-dokumentti]

<http://gallia.kajak.fi/opmateriaalit/yleinen/honHar/ma/VAHV_Differentiaalivahvistin.pdf>

(Luettu 4.1.2010)

6. Harri Honkanen, Elektroniikan kaavaliite 1, Kajaanin Ammattikorkeakoulu, [WWW-dokumentti]

< <http://gallia.kajak.fi/opmateriaalit/yleinen/honHar/ma/KAVALIITE1.pdf> >

(Luettu 12.3.2010)

7. Harri Honkanen, Operaatiovahvistin, Kajaanin Ammattikorkeakoulu, [WWW-dokumentti]

< http://gallia.kajak.fi/opmateriaalit/yleinen/honHar/ma/VAHV_opari.pdf >

(Luettu 12.3.2010)

LIITTEET

LIITE 1 : Anturin datalehti

LIITE 2 : Koko kytkennän kytkentäkuva

SenSym

SCC Series Pressure sensors

FEATURES

- 0...5 to 0...100 psi
- Low cost sensor element
- Internal temperature compensation
- Differential, gage and absolute

APPLICATIONS

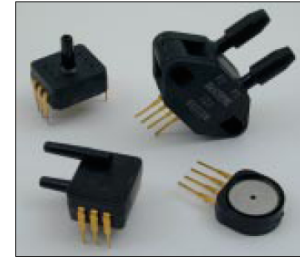
- Pneumatic controls
- Automotive diagnostics
- Medical equipment
- Dental equipment
- Environmental controls

GENERAL DESCRIPTION

The SCC series offer an extremely low cost sensor element with a temperature stable output when driven with a constant current source. These integrated circuit sensors were designed for extremely cost sensitive applications where precise accuracy over a wide temperature range is not required. This series is intended for use with non-corrosive, non-ionic working fluids such as air and dry gases.

Absolute devices have an internal vacuum reference and an output voltage proportional to applied pressure. The differential devices allow application of pressure to either side of the diaphragm and the devices are thereby available to measure both differential and/or gage pressures.

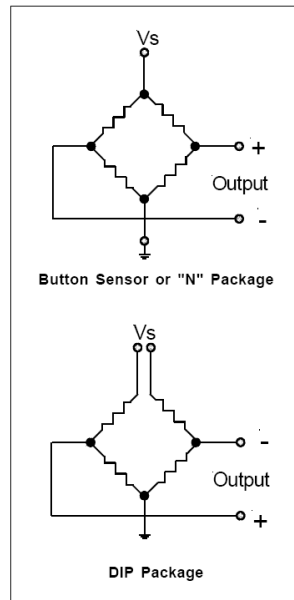
This product is packaged either in SenSym's standard low cost chip carrier "button" package, a plastic ported "N" package or a dual inline package (DIP). All packages are designed for applications where the sensing element is to be integral to the OEM equipment. These packages can be o-ring



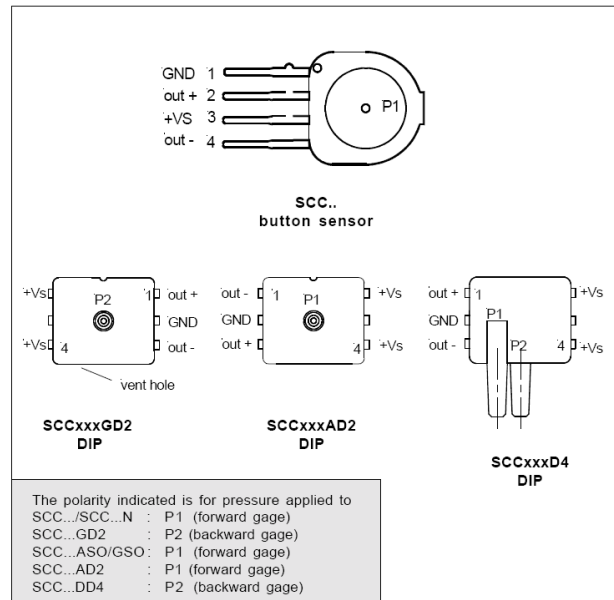
Scale: 1 cm
1/2 inch

sealed, epoxied, and/or clamped onto a pressure fitting. A closed bridge 4-pin SIP configuration is provided for electrical connection to the button package. The DIP package offer a 5-pin open bridge configuration.

EQUIVALENT CIRCUIT



ELECTRICAL CONNECTION





SCC Series Pressure sensors

PRESSURE SENSOR CHARACTERISTICS

Maximum ratings (for all devices)

Supply current, I_S	1.5 mA	Humidity	0 to 100 %RH
Temperature ranges		Lead temperature (soldering 4 sec.)	250°C
Compensated	0 to +50°C	Common-mode pressure	150 psi
Operating	-40 to +85°C		
Storage	-55 to +125°C		

PERFORMANCE CHARACTERISTICS (individual models) $I_S = 1.0$ mA, $T_A = 25^\circ\text{C}$ ¹

Part number	Operating pressure range	Proof pressure ⁹	Accuracy ²	Effect on span ³ (0 - 50°C)	Effect on offset ⁴ (0 - 50°C)	Full-scale span ^{1,5} (mV)
SCC05(D,G)	0 - 5 psid(g)	20 psi	0.50 %	1.50 %	2.00 %	25 - 65
SCC15A	0 - 15 psia	30 psia	0.50 %	1.50 %	2.00 %	30 - 95
SCC15(D,G)	0 - 15 psid(g)	30 psi	0.50 %	1.50 %	2.00 %	40 - 95
SCC30A	0 - 30 psia	60 psia	0.50 %	1.50 %	2.00 %	60 - 150
SCC30(D,G)	0 - 30 psid(g)	60 psi	0.50 %	1.50 %	2.00 %	60 - 150
SCC100A	0 - 100 psia	150 psia	0.50 %	1.50 %	2.00 %	85 - 225
SCC100(D,G)	0 - 100 psid(g)	150 psi	0.50 %	1.50 %	2.00 %	85 - 225

PERFORMANCE CHARACTERISTICS (all models) $I_S = 1.0$ mA, $T_A = 25^\circ\text{C}$

Characteristics	Min.	Typ.	Max.	Unit
Zero pressure offset	-30.0	-10	20.0	mV
Combined linearity, hysteresis, repeatability ²	---	0.25	0.50	%FSO
Temperature effect on span ^{3,5}	---	0.25	1.50	%FSO
Temperature effect on offset ^{4,5}	---	0.50	2.00	%FSO
Long term stability of offset and span ⁶	---	0.10	---	mV
Response time (10 to 90 %) ⁷	---	0.10	---	ms
Input impedance	4.00	5.00	6.50	kΩ
Output impedance	4.00	5.00	6.50	kΩ

Specification notes:

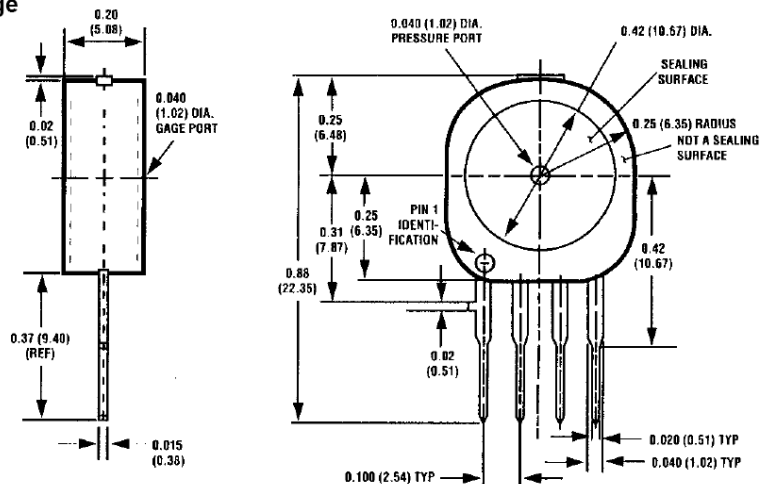
- Reference conditions: supply current = 1.0 mA, $T_A = 25^\circ\text{C}$, common-mode line pressure = 0 psig, pressure applied to P1, unless otherwise noted.
- Accuracy is the sum of hysteresis and linearity. Hysteresis is the maximum output difference at any point within the operating pressure range for increasing and decreasing pressure. Linearity refers to the best straight line fit as measured for the offset, full-scale and 1/2 full-scale pressure at 25°C .
- This is the maximum temperature shift for span when measured between 0 and 50°C relative to the 25°C reading. Typical temperature coefficients for span and resistance are -2200 and +2200 ppm/ $^\circ\text{C}$ respectively.
- This is the maximum temperature shift for offset when measured between 0 and 50°C relative to the 25°C reading.
- Span is the algebraic difference between the output voltage at full-scale pressure and the output at zero pressure.
- Maximum difference in output at any pressure with the operating pressure range and temperature within 0 to 50°C after:
 - 100 temperature cycles, 0 to 50°C .
 - 1.0 million pressure cycles, 0 psi to full-scale span.
- Response time for a 0 psi to full-scale span pressure step change. 10 to 90 % rise time.
- Temp. effect on span and offset are guaranteed by design. Therefore these parameters are not 100 % tested.
- If the proof pressure is exceeded, even momentarily, the package may leak or burst, or the pressure sensing die may fracture. Note: The proof pressure for the forward gage of all devices in the D4-package is the specified value or 100 psi whatever is less. The SCC100D (button package) can only be used in a forward gauge mode. Application of more than 30 psig to the back side of any SCC button device can result in device failure.

SenSym

SCC Series Pressure sensors

PHYSICAL DIMENSIONS

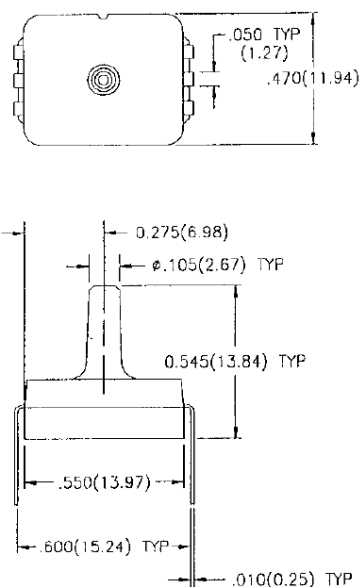
Button package



mass: 1 g

dimensions in inches (mm)

Basic sensor DIP "D2" package



mass: 1 g

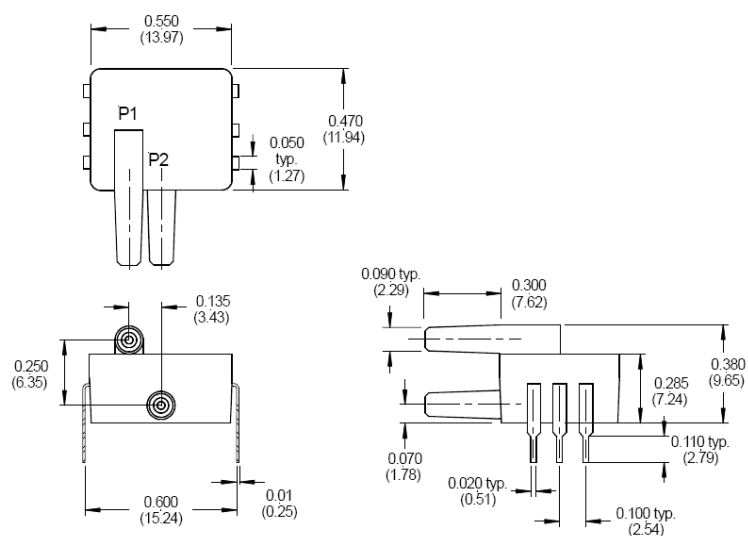
dimensions in inches (mm)



SCC Series Pressure sensors

PHYSICAL DIMENSIONS (cont.)

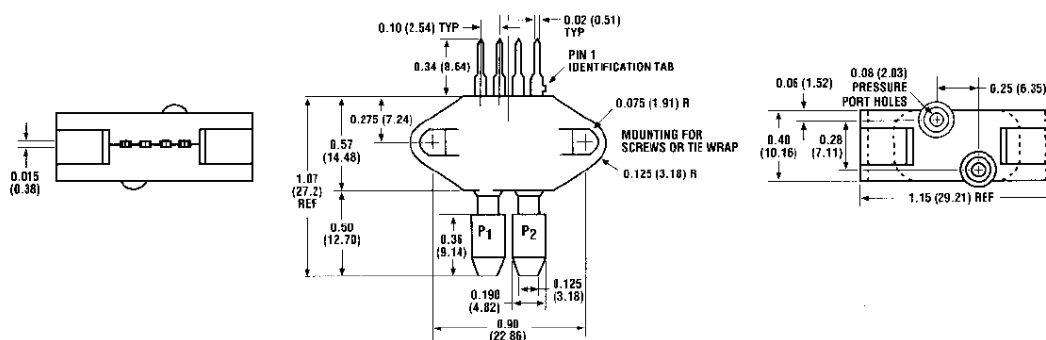
Basic sensor DIP "D4" package



mass: 1 g

dimensions in inches (mm)

N package



mass: 5 g

dimensions in inches (mm)



SCC Series

Pressure sensors

ORDERING INFORMATION

Pressure range		Part number			
		Button package	"N" package	DIP package single port	DIP package dual port
Absolute pressure	0...15 psi	SCC15A	SCC15AN	SCC15AD2	
	0...30 psi	SCC30A	SCC30AN	SCC30AD2	
	0...100 psi	SCC100A	SCC100AN	SCC100AD2	
Gage pressure	0...5 psi	use differential devices	use differential devices	SCC05GD2	
	0...15 psi			SCC15GD2	
	0...30 psi			SCC30GD2	
	0...100 psi			SCC100GD2	
Differential pressure	0...5 psi	SCC05D	SCC05DN		SCC05DD4
	0...15 psi	SCC15D	SCC15DN		SCC15DD4
	0...30 psi	SCC30D	SCC30DN		SCC30DD4
	0...100 psi	SCC100D	SCC100DN		SCC100DD4

SenSym and Sensortechinics reserve the right to make changes to any products herein. SenSym and Sensortechinics do not assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit described herein, neither does it convey any license under its patent rights nor the rights of others.

